PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-235906
(43)Date of publication of application : 10.09.1993

(51)Int.Cl. H04L 1/00

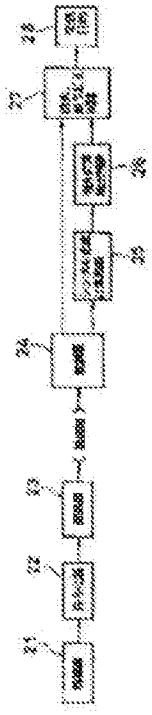
(21)Application number : 04-133554
(22)Date of filing : 26.05.1992

(71)Applicant : TOSHIBA CORP
(72)Inventor : KODAMA TOMOKO
NAKAMURA MAKOTO
SAITOU TATSUNORI

(30)Priority
Priority number : 03343525 Priority date : 25.12.1991 Priority country : JP

(54) DECODER FRO MULTI-DIMENSION CODE AND ERROR CORRECTION/ DETECTION SYSTEM USING DECODER

(57)Abstract:
PURPOSE: To eliminate an erroneous symbol with a high probability and to enhance the error correction capability when decoding with elimination and error correction is implemented by selecting a symbol likelihood to be minimum value of m-sets of dot likelihood.
CONSTITUTION: The decoder is provided with a bit likelihood calculation means calculating a bit likelihood to each of n × m bits of demodulation signals from a reception signal, a symbol likelihood calculation circuit 25 comparing m-sets of bit likelihoods corresponding to each of n-sets of symbols of a code and outputting a minimum value as the symbol likelihood, and an elimination error correction circuit 27 regarding s-sets (s is a positive integer) in the smaller order of the symbol likelihoods among n-symbols of a demodulation signal as missing symbols and implementing (s-missing and t-error correction) decoding (t is an integer being zero or over). Since the symbol likelihood is set to be minimum value of the m-sets of bit margins, the bit likelihood with least reliability in that of symbols is used for the symbol likelihood as it is, and even when even one bit with lower reliavbility is include, the symbol is used or a missing symbol.



(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) **公開特許公報（Ａ）**　(11)特許出願公開番号

特開平5－235906

(43)公開日　平成５年(1993)９月10日

(51)Int.Cl.[5]	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ	技術表示箇所
Ｈ０４Ｌ　1/00		Ｂ　6942－5Ｋ		

審査請求　未請求　請求項の数６(全 19 頁)

(21)出願番号　特願平4－133554

(22)出願日　平成４年(1992)５月26日

(31)優先権主張番号　特願平3－343525

(32)優先日　平３(1991)12月25日

(33)優先権主張国　日本（ＪＰ）

(71)出願人　000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者　児玉　智子
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１　株式会社東芝総合研究所内

(72)発明者　中村　誠
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１　株式会社東芝総合研究所内

(72)発明者　斉藤　龍則
東京都日野市旭が丘３－１－１　株式会社東芝日野工場内

(74)代理人　弁理士　三好　秀和　（外１名）

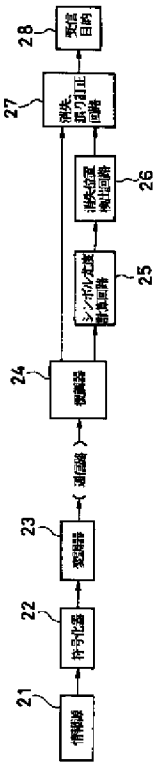
(54)【発明の名称】　多元符号の復号装置及びこれを用いた誤り訂正・検出方式

(57)【要約】

【目的】　本発明は、リード・ソロモン符号などの多元符号を軟判定復号する際に、従来より誤り訂正確率を向上させることを目的とする。

【構成】　シンボル尤度をm個のビット尤度の最小値とし、シンボル尤度の小さいものから所定の数のシンボルを消失として、消失・誤り訂正復号を行う。

【効果】　本発明により、従来より高い確率で誤りシンボルを消失とすることができるため、誤り訂正能力を高めることが可能になる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項１】　ガロア体ＧＦ（2^m）上の符号長ｎの符号（m，ｎは２以上の整数）により符号化されたデータを誤り訂正復号する装置であって、

受信信号からｎ×ｍビットの復調信号の各々に対するビット尤度を計算し出力するビット尤度計算手段と、符号のｎ個のシンボルの各々に対応するｍ個のビット尤度を比較してその最小値をシンボル尤度として出力するシンボル尤度計算手段と、復調信号のｎシンボルのうちシンボル尤度が小さい方からｓ個（ｓは正整数）のシンボルを消失としてｓ－消失およびｔ－誤り訂正復号（ｔは０以上の整数）を行う消失誤り訂正手段と、を有することを特徴とする多元符号の復号装置。

【請求項２】　送信側で情報の全部または一部を誤り検出符号により符号化し、さらに情報と誤り検出符号のパリティとを符号長Ｎシンボルのブロック符号により誤り訂正符号化して伝送するシステムにおいて、

受信信号を記憶する記憶回路と、Ｎシンボルの受信信号のうちｉ」個（ｉ」は０以上の整数、ｊ＝１，２，…ｈ）の消失シンボル位置を決める消失位置制御回路と、該消失位置制御回路で指示されたｉ」個のシンボルを消失として消失誤り訂正復号を行う消失誤り訂正回路と、この消失誤り訂正回路の出力を誤り検出符号により誤り検出する誤り検出回路とを有し、上記の消失誤り訂正および誤り検出の処理を、消失シンボルの数を変えて最大ｈ回（ｈは２以上の整数）行い、誤りが検出されなかった場合の復号情報を出力することを特徴とする誤り訂正方式。

【請求項３】　送信側で情報の全部または一部を誤り検出符号により符号化し、さらに情報と誤り検出符号のパリティとを符号長Ｎシンボルのブロック符号により誤り訂正符号化して伝送するシステムにおいて、

Ｎシンボルの受信信号のうちｉ」個（ｉ」は０以上の整数、ｊ＝１，２，…，ｈ）のシンボルを消失として消失誤り訂正復号を行うｈ個（ｈは２以上の整数）の消失誤り訂正回路と、各消失誤り訂正回路の出力を誤り検出符号により誤り検出する誤り検出回路とを有し、誤りが検出されなかった復号情報を出力することを特徴とする誤り訂正方式。

【請求項４】　送信側で情報を符号長Ｎシンボルのブロック符号により誤り訂正符号化して伝送するシステムにおいて、

受信信号を記憶する記憶回路と、Ｎシンボルの受信信号のうちｉ」個（ｉ」は０以上の整数、ｊ＝１，２，…，ｈ）の消失位置を決める消失位置制御回路と、該消失位置制御回路で指示されたｉ」個のシンボルを消失として消失誤り訂正復号を行う消失誤り訂正回路とを有し、消失位置制御回路で消失とするシンボルの数ｉ」は$i_1 < i_2 < \cdots < i_h$（$0 \leqq i_1$，$i_h < d$、ｈは２以上の整数）として、上記の消失誤り訂正の処理を最大ｈ回繰り返し、第ｊ回の消失誤り訂正復号中に訂正不可能な誤りが検出された場合のみ第（ｊ＋１）回の消失誤り訂正を実行し、第ｊ回の復号中に訂正不可能な誤りが検出されなかった場合にその復号情報を出力することを特徴とする誤り訂正方式。

2

【請求項５】　送信側でデータを符号長ｎの誤り訂正符号で符号化して伝送するシステムにて適用される誤り検出方式において、

受信語から誤り位置多項式σ（ｘ）を計算する手段と、該多項式σ（ｘ）の次数ｄｅｇ［σ（ｘ）］を求める手段と、前記多項式σ（ｘ）にｎ個の非零の元を代入してその結果が零であるか否かを検出する検出手段と、該検出手段において前記結果が零となる元の個数Ｌを計数する手段と、次数ｄｅｇ［σ（ｘ）］と元の個数Ｌとの一致を確認し一致しない場合には訂正不可能な誤りがあると判定する手段と、を有することを特徴とする誤り検出方式。

【請求項６】　送信側でデータを符号長ｎの誤り訂正符号で符号化して伝送するシステムにて適用される誤り検出方式において、

受信語から誤り位置多項式σ（ｘ）を計算する手段と、ガロア体ＧＦ（ｑ）の非零の元のうち符号語内の各シンボルの位置に対応するｎ個の元を前記多項式σ（ｘ）に代入してその結果が零であるか否かを検出する第１の検出手段と、前記ガロア体ＧＦ（ｑ）のうち前記ｎ個の元を除く元を多項式σ（ｘ）に代入した結果が零となるか否かを検出する第２の検出手段と、該第２の検出手段において演算の結果が零となる元が存在する場合に訂正不可能な誤りがあると判定する手段と、を有することを特徴とする誤り検出方式。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】本発明は、リード・ソロモン符号などの多元誤り訂正符号を消失および誤り訂正復号する復号装置及びこれを用いた誤り訂正・検出方式に関する。

【０００２】

【従来の技術】近年、ディジタル通信システムやディジタル記憶システムでは、伝送または記憶される情報の信頼性を高めるため、誤り訂正符号が広く用いられている。特に、リード・ソロモン符号に代表される多元符号は、符号を構成する元が複数のビットから構成されるため、バースト誤りやバイト誤りを効果的に訂正することが可能な誤り訂正符号である。

【０００３】ガロア体ＧＦ（2^m）上の（ｎ，ｋ，ｄ）符号は、符号を構成する各シンボルがＧＦ（2^m）の元であるため、各シンボルをｍビットの信号ベクトルに対応させることができる（ｍは整数）。この符号の符号長はｎシンボル（ｎ×ｍビット）、情報点数はｋシンボル（ｋ×ｍビット）、最小距離はｄである。特にリード・

3

ソロモン符号の場合には、

$d=n-k+1$

であり、検査点数に対して最小距離が理論的な限界となる優れた誤り訂正符号（最大距離分離符号）である。

【０００４】最小距離ｄの誤り訂正符号を用いて「誤り訂正復号」を行う場合、符号語（ｎシンボル）内に生じたt_0シンボル以下の誤りを訂正することができる。ここで、訂正可能な誤りシンボル数t_0は、

$t_0=[(d-1)/2]$

である。（［ｘ］はｘを越えない最大の整数）。また、受信側で復号前に誤りの位置を推定できる場合には、その位置のシンボルを消失として「消失および誤り訂正復号」を行うことができる。消失シンボルの数をｓ、誤りシンボルの数をｔとすると、

$s+2\cdot t\leqq d-1$

であれば、正しく復号することができる（ｓは正整数、ｔは０以上の整数）。このとき、

$s+t>t_0$

であるから、もしｓ個の消失位置がすべて誤りシンボルであるならば、t_0誤りを訂正する「誤り訂正復号」よ＊り、（ｓ＋ｔ）個の誤りを訂正する「消失および誤り訂正復号」の方が、より多くの誤りシンボルを訂正することが可能である。このため、受信側ではなるべく正しく誤りシンボルの位置を検出する必要がある。

【０００５】受信側では、ＣＲＣなどの誤り検出手段を用いない限り、消失とすべき誤りシンボルの位置を確定することはできない。そこで、なるべく高い確率で誤りシンボルの位置を検出するため、一般に、復調器から出力される受信信号の各ビットの尤度情報を用いて、消失位置を決定する方法が用いられている。いま、$GF(2^m)$上の符号長ｎの符号の符号語を

【数１】$(C^{(1)}, C^{(2)}, \cdots, C^{(n)})$,
$C^{(j)}\in GF(2^m)$, $j=1, 2, \cdots, n$

とする。これに対して受信した信号を

【数２】$(R^{(1)}, R^{(2)}, \cdots, R^{(n)})$,
$R^{(j)}\in GF(2^m)$, $j=1, 2, \cdots, n$

とする。実際には、符号語の各シンボルはｍビットで表現され伝送される。このため、復調器では各シンボルに対してｍビットの受信信号

【数３】

$$(r^{(j)}_1, r^{(j)}_2, \cdots, r^{(j)}_m),\ j=1, 2, \cdots, n$$
$$r^{(j)}_i\in GF(2),\ i=1, 2, \cdots, m,$$

が復調され、それらから受信シンボル$R^{(j)}$が決定される。

【０００６】復調器では、硬判定された各受信ビット$r^{(j)}_i$に対するビット尤度$l^{(j)}_i$を出力することができる。このビット尤度$l^{(j)}_i$は、例えば対数尤度比を表した値であり、その場合には以下の値となっている。

【０００７】

【数４】

$$l^{(j)}_i=\log\{P(y\mid x=r^{(j)}_i)/P(y\mid x\neq r^{(j)}_i)\}$$

ここで、ｙは復調前の受信信号、ｘは送信信号を表す。$l^{(j)}_i$の値が小さいほど、硬判定された受信ビット$r^{(j)}_i$の信頼性は低く、そのビットが誤りである確率が高いことになる。多元符号の場合には、シンボル単位で誤りを訂正するため、硬判定された受信シンボル$R^{(j)}$に対する尤度情報$L^{(j)}$を計算する必要がある。

【０００８】尤度情報$L^{(j)}$は、受信シンボル$R^{(j)}$に対して送信シンボルＸが$R^{(j)}$である確からしさを表現した値である。しかしながら、シンボルの尤度情報Ｌ★を厳密に求めようとすると計算量が大きくなるため、$L^{(j)}$の計算を簡単化する必要がある。各ビットの尤度情報$l^{(j)}_i$が前述の対数尤度比で表現されている場合、ｍ個のビット尤度を加え合わせることにより、シンボルの対数尤度比を以下のように計算することができる。

【０００９】

【数５】

$$L^{(j)}=\sum_{i=1}^{m} l^{(j)}_i$$
$$=\log\{P(Y\mid X=R^{(j)})/P(Y\mid X=R(-)^{(j)})\}$$

ここで、$R(-)^{(j)}$は$R^{(j)}$のｍビットをすべて反転したシンボル、Ｙは$R^{(j)}$に対応するｍビット分の復調前の受信信号、Ｘは送信シンボルを表す。尤度情報$L^{(j)}$が小さいシンボルほど、送信シンボルが$R^{(j)}$である確率が低い。この結果、シンボルの尤度情報$L^{(j)}$の小さい方からｓ個のシンボルを消失として、「消失および誤り訂正復号」を行えばよい。

【００１０】例えば、$GF(2^3)$，ｎ＝７，ｄ＝５の符号において、以下の符号語を送信したものとする。

【００１１】

【数６】

$$(C^{(1)}, C^{(2)}, \cdots, C^{(7)})$$
$$=(000, 000, 000, 000, 000, 000, 000)$$

いま、受信信号を

【数７】

５　　６

$(R^{(1)}, R^{(2)}, \cdots, R^{(7)})$
＝（０００，００１，０００，０００，１００，０１０，０００）

とし、各受信信号のビット尤度を　　＊　＊【数８】

$(l^{(1)}{}_1 / l^{(1)}{}_2 / l^{(1)}{}_3, \cdots, l^{(7)}{}_1 / l^{(7)}{}_2 / l^{(7)}{}_3)$
＝（．９／．８／．９，．８／．８／．１，．９／．８／．８，．６／．８
／．５，．２／．９／．９，．５／．３／．８，．７／．９／．９）

とする（アンダーライン部は誤りシンボル位置）。この符号は最小距離が５なので、誤り訂正のみの復号では２誤りまでしか訂正することができない。しかし、３つのシンボルに誤りが生じても、このうち２つの誤り位置が推定できれば、２－消失および１－誤り訂正復号によ　※

$(L^{(1)}, L^{(2)}, \cdots, L^{(7)})$
＝（２．６，１．７，２．５，１．９，２．０，１．６，２．５）

シンボル尤度の低い２シンボル（$R^{(2)}$ と$R^{(6)}$ ）を消　★【数１０】
失とした受信信号　　★

$(R^{(1)}, R^{(2)}, \cdots, R^{(7)})$
＝（０００，ｘｘｘ，０００，０００，１００，ｘｘｘ，０００）

を作り、これに対して２－消失および１－誤り訂正復号を行う。消失とされた$R^{(2)}$ と$R^{(6)}$ は誤りシンボルであるため、残りの誤り$R^{(5)}$ とともに、３個の誤りが訂正される。

【００１２】しかしながら、以上のような方法によりシンボル尤度$L^{(j)}$ を計算すると、誤りシンボルの位置を正しくできないことがある。すなわち、シンボル尤度をビット尤度の和とすることはビット尤度をシンボル内のｍビットで平均化することに等しいため、あるビットの☆

$(l^{(1)}{}_1 / l^{(1)}{}_2 / l^{(1)}{}_3, \cdots, l^{(7)}{}_1 / l^{(7)}{}_2 / l^{(7)}{}_3)$
＝（．９／．８／．９，．８／．８／．１，．９／．８／．８，．６／．８
／．５，．２／．９／．９，．９／．３／．８，．７／．９／．９）

であった場合、シンボル尤度$L^{(j)}$ は、　　◆30◆【数１２】

$(L^{(1)}, L^{(2)}, \cdots, L^{(7)})$
＝（２．７，１．７，２．６，１．９，２．０，２．０，２．５）

となる。$R^{(5)}$ や$R^{(6)}$ は誤りビットを含んでいるにもかかわらず、同じシンボル内の他のビットのビット尤度が高いため、シンボル尤度があまり小さくならない。シ＊

$(R^{(1)}, R^{(2)}, \cdots, R^{(7)})$
＝（０００，ｘｘｘ，０００，ｘｘｘ，１００，０１０，０００）

となり、消失後も２誤りが残留するため、２－消失および１－誤り訂正復号をしても正しく復号することができない。

【００１３】このように、シンボル尤度$L^{(j)}$ をビット尤度$l^{(j)}{}_i$ の和で計算すると、特にガロア体のサイズが大きい場合に、誤りシンボルが正しく推定できない確率が高くなり、誤り訂正能力が劣化してしまうという欠点がある。

【００１４】一方、復調器から出力される軟判定データを利用して最尤復号を行えば、代表的な「誤り訂正復号」や「消失誤り訂正復号」より、高い符号化利得が得られることが知られている。しかしながら、ブロック符号を厳密に最尤復号する場合、情報ビット数ｋ（または

※り、正しく誤りを訂正することが可能である。そこで、ビット尤度$l^{(j)}{}_i$ からシンボル尤度$L^{(j)}$ を以下のように計算し、

【数９】

※

☆ビット尤度が非常に小さくても（誤っている確率が高くても）、同じシンボル内の他のビットの尤度がある程度大きければ、全体としてシンボル尤度$L^{(j)}$ は大きくなってしまう。多元符号の場合には、１ビットでも誤ればそのビットを含むシンボルは誤りシンボルであるから、このような場合は誤りシンボル位置の推定ができないことになる。例えば、前述の例において、各受信ビットの尤度情報が

【数１１】

＊ンボル尤度の低い２シンボル$R^{(2)}$ と$R^{(4)}$ を消失とすると、受信信号は

【数１３】

検査ビット数ｎ－ｋ）に対して指数関数的に計算量が増加するため、比較的符号長の短い符号を除いて、厳密な意味での最尤復号は行なわれていなかった。

【００１５】このため、厳密な最尤復号より計算量を低減する幾つかの準最尤な復号法が提案されている。一般化最小距離（ＧＭＤ；Generalized Minimum Distance）復号法は、厳密な最尤復号と比較して、誤り訂正能力の劣化が小さいわりに、計算量の低減が大きいブロック符号の準最尤復号法である。ＧＭＤ復号法を簡単に説明すると、まず受信語の各シンボルについて一般化距離αとよばれる尤度（正確には対数尤度比Ｌをあるしきい値でリミッティングした値、$-1 \leqq \alpha \leqq 1$）を求める。次に、$i_1 = 0$，$i_2 = 2$，$i_3 = 4$，…，$i_h = 2$

［（ｄ－１）／２］（ｈ＝［（ｄ＋１）／２］）として、シンボル尤度の絶対値｜α｜の低い方のシンボルからｉ」個を消失としたｈ個の受信語を作り、それぞれに対して消失誤り訂正復号を行う。ｈ個の消失誤り訂正復号の結果とαのベクトルとの相関を計算し、もし、相関がｎ－ｄより大きければ、その復号結果を最尤な符号語として出力する。理論的には、この条件を満足する符号語が存在するならば、高々１個で、しかも消失個数を０，２，４，…，２［（ｄ－１）／２］とする［（ｄ＋１）／２］回の消失誤り訂正で見つけられることが保証されている。このため、高々、［（ｄ＋１）／２］回の消失誤り訂正復号を行うことで、最尤復号に近い性能を保証することができる。

【００１６】また、圧縮されたディジタル音声を伝送するシステム（誤り検出時にはミュートにより異音の発生を防ぐ）や、ＡＲＱシステム（誤り検出フレームは再送する）では、復号情報の誤りが検出されない場合に大きな問題が生じる。このため、ＣＲＣなどの誤り検出符号を用いて、非常に高い確率で誤りが検出されるようにしている。このようなシステムでも、通信中の誤りをある程度訂正してスループットを向上させるため、誤り訂正符号を用いることが多い。図８に、誤り訂正符号と誤り検出符号を用いたディジタル音声伝送システムの一例を示す。同図において、送信側では、音声符号化回路４１から出力されたディジタル音声信号が、誤り検出符号化回路２に供給され、ディジタル音声信号の一部または全部に対する誤り検出用パリティが計算される。ディジタル音声信号と誤り検出用パリティは、誤り訂正符号化回路３に供給されて、誤り訂正符号化される。誤り訂正符号化された信号は変調器４で変調され、通信路を介して伝送される。受信側では、受信信号が復調器５で復調され、誤り訂正回路４２に供給される。誤り訂正回路４２では、受信信号の誤りを訂正し、復号されたディジタル音声信号と誤り検出用パリティを誤り検出回路４３に供給する。誤り検出回路４３では、誤りの有無を調べ、誤り検出の結果と復号されたディジタル音声信号を音声復号化回路４４に供給する。音声復号化回路４４では誤りが検出されない場合のみ音声信号を復号し、誤りが検出された場合にはミュートなどの補間処理を行う。

【００１７】図８において、誤り訂正回路４２の誤り訂正能力が高いほどスループット（誤りなしフレームの割合）が高くなり、復号音声の品質が向上する。このため、誤り訂正回路４２ではＧＭＤ復号法のような準最尤復号法を行うことが望まれる。この場合の誤り訂正回路４２は図９のように構成される。同図において、復調器５は、受信信号を硬判定してｈ個（ｈ＝［（ｄ＋１）／２］）の消失誤り訂正回路５１に供給するとともに、各信号の軟判定情報を一般化距離計算回路５０に渡す。一般化距離計算回路５０では、符号語の各シンボルの一般化距離を計算する。各消失誤り訂正回路では硬判定された受信信号のうち一般化距離の低い方からの所定の数のシンボルを消失として消失誤り訂正復号を行う。それぞれの消失誤り訂正回路での消失個数は、０，２，４，…，［（ｄ－１）／２］である。各消失誤り訂正復号の復号結果は、相関比較回路５２に供給する。相関比較回路５２では、一般化最小距離のベクトルと復号結果との相関を計算し、比較して、相関が最大となる復号結果を誤り検出回路４３に出力する。このような処理を行うことにより、受信信号に対して最尤な復号情報を誤り検出回路に出力することができる。

【００１８】しかしながら、このような復号法は、誤り訂正のみの復号と比較して、復号に要する計算量が増大するという欠点がある。

【００１９】また、前述したように従来におけるディジタル通信システムにおいては、符号長ｎ、情報点数ｋ、最小距離ｄの誤り訂正符号を用いた場合、符号語内に生じたｔ＝［（ｄ－１）／２］個以下の誤りを訂正することができる（［ｘ］はｘを越えない最大の整数）が訂正能力を越える誤りが生じた場合、通常の誤り訂正復号器で受信語を復号すると、送信符号語と異なる符号語へ誤訂正されてしまう。

【００２０】このような場合には誤訂正により新たな誤りが付加されてしまうため、誤り訂正復号後のビット誤り率は、受信語をそのまま出力した場合のビット誤り率より高くなってしまう。受信語が訂正不可能な誤りを含む場合には、誤り訂正せずにそのまま出力した方が、全体の復号誤り率を低減することができる。このためには、訂正能力を越える誤りがあるか否かをなんらかの方法で検出する必要がある。

【００２１】ところで、最小距離が比較的大きい誤り訂正符号や短縮化された誤り訂正符号では、いずれかの符号語から半径ｔ（ｔ＝［（ｄ－１）／２］）の球に入る受信語の総数が、すべての受信語の総数に比べて非常に少ない。このため、なんらかの方法で訂正能力を越える誤りを検出することができれば、復号後のビット誤り率をかなり小さくすることができる。

【００２２】誤り訂正符号が短縮化符号である場合には、図１０のような誤り訂正装置で訂正能力を越える誤りを検出することができる。ここで、短縮化前の符号長をｎ。とし、短縮化後の符号長をｎとする。図１０において受信語は端子１０１から入力され、シンドローム計算回路６１と遅延回路６５へ供給される。シンドローム計算回路６１ではシンドロームが計算され、これが誤り位置多項式計算回路６２へ供給されて、誤り位置多項式σ（ｘ）が計算される。誤り位置多項式はチェンサーチ回路６３へ供給される。チェンサーチ回路６３では、σ（ｘ）にガロア体の非零の元を順次代入し式の値が０となるか否かを検出する。ここで、代入される元は短縮化しない符号のｎ。個のビット位置の各々に対応する値である。式の値が０となる場合には、対応するビット位置

に誤りがあることを示しており、そのビット位置が誤り訂正回路６４と誤り位置検査回路７０に供給される。誤り訂正回路６４は、遅延回路６５で遅延された受信信号を受入し、チェンサーチ回路６３から出力されたビット位置の誤りを訂正する。誤り訂正回路６４から出力される復号語は端子１０２から出力される。一方、誤り位置検査回路７０では、チェンサーチ回路６３から出力されたビット位置が、短縮化されたビットの位置に含まれるか否かを調べ、含まれる場合には訂正不可能な誤りが生じていると判定し、誤り検出信号を端子１０３から出力する。

【００２３】例えば、（２５５，２３９）ＢＣＨ符号を短縮化した（１６０，１４４）符号を用いた場合を考える。チェンサーチ回路６３ではα^0，α^1，…，α^{254}の２５５個の元をσ（ｘ）に代入する必要がある。受信信号のビット数は１６０ビットであるため、チェンサーチ回路６３、誤り訂正回路６４および誤り位置検査回路７０では、伝送速度より速い動作周波数で処理を行う必要がある。また、誤り位置を計算するためにはチェンサーチ回路６３で１６０個の元を代入するだけでよいが、訂正能力を越える誤りがあるか否かを調べるためにはさらに続けて９５個の元を代入しなければならない。

【００２４】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来においては多元符号を消失および誤り訂正復号する場合、消失シンボルの位置を決めるため、従来は、シンボルを構成する各ビットの尤度の和をシンボル尤度として、この値の小さい方から所定の数のシンボルを消失シンボルとして消失および誤り訂正復号を行っていた。しかしながら、シンボル尤度をビット尤度の和とすると、ビット尤度が平均化されてしまうため、ビット尤度の低い（誤っている確率の高い）ビットを含んでいても、そのシンボルが消失とならない可能性が大きい。この結果、誤りが生じているシンボルを消失とできず、誤り訂正能力が劣化するという問題が生じる。この傾向は、ガロア体のサイズが大きい符号ほど顕著である。

【００２５】また、音声信号の伝送やＡＲＱ方式を行っているシステムでは、誤り訂正回路によって通信中の誤りを訂正した後に誤り検出を行うことが多い。この場合、誤り訂正回路にＧＭＤ復号などの準最尤復号を用いると、誤り訂正回路における誤り訂正能力が向上し、音声であれば復号音声品質が、ＡＲＱ方式であればスループットが向上する。しかしながら、このような復号法は、誤り訂正のみの復号に比較して、復号に要する計算量が大きくなるという問題があった。

【００２６】更に、従来の誤り訂正装置では、訂正能力を越える誤りを検出するために、チェンサーチ回路で短縮化位置を含むｎ。個のビット位置に対する元を代入する必要がある。このため、復号器における動作周波数が伝送速度より高くなり、また計算量が増えるという問題が生じる。

【００２７】この発明はこのような従来の課題を解決するためになされたもので、その第１の目的は、ガロア体のサイズにかかわらず、高い確率で誤りシンボルを消失とさせ、結果として誤り訂正能力を向上させることのできる多元符号の復号装置を提供することである。

【００２８】また、第２の目的は、高い誤り訂正能力を保持したまま、復号に要する計算量を低減することのできる誤り訂正方式を提供することである。

【００２９】更に、第３の目的は、訂正不可能な誤りを検出し、復号情報の信頼性を高め得る誤り検出方式を提供することである。

【００３０】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本願第１の発明は、ガロア体ＧＦ（2^m）上の符号長ｎの符号（ｍ，ｎは２以上の整数）により符号化されたデータを誤り訂正復号する装置であって、受信信号からｎ×ｍビットの復調信号の各々に対するビット尤度を計算し出力するビット尤度計算手段と、符号のｎ個のシンボルの各々に対応するｍ個のビット尤度を比較してその最小値をシンボル尤度として出力するシンボル尤度計算手段と、復調信号のｎシンボルのうちシンボル尤度が小さい方からｓ個（ｓは正整数）のシンボルを消失としてｓ－消失およびｔ－誤り訂正復号（ｔは０以上の整数）を行う消失誤り手段とを有することが特徴である。

【００３１】また、本願第２の発明は、送信側で情報の全部または一部を誤り検出符号により符号化し、さらに情報と誤り検出符号のパリティとを符号長Ｎシンボルのブロック符号により誤り訂正符号化して伝送するようなシステムにおいて、受信信号を記憶する記憶回路と、Ｎシンボルの受信信号のうちｉ」個（ｉ」は０以上の整数、ｊ＝１，２，…，ｈ）の消失位置を決める消失位置制御回路と、消失位置制御回路で指示されたｉ」個のシンボルを消失として消失誤り訂正復号を行う消失誤り訂正回路と、消失誤り訂正回路の出力を誤り検出符号により誤り検出する誤り検出回路とを有し、消失誤り訂正および誤り検出の処理を最大ｈ回（ｈは２以上の整数）行い、誤りが検出されなかった場合の復号情報を出力することを特徴とする。

【００３２】本願第３の発明は、送信側で情報の全部または一部を誤り検出符号により符号化し、さらに情報と誤り検出符号のパリティとを符号長Ｎシンボルのブロック符号により誤り訂正符号化して伝送するシステムにおいて、Ｎシンボルの受信信号のうちｉ」個（ｉ」は０以上の整数、ｊ＝１，２，…，ｈ）のシンボルを消失として消失誤り訂正復号を行うｈ個（ｈは２以上の整数）の消失誤り訂正回路と、各消失誤り訂正回路の出力を誤り検出符号により誤り検出する誤り検出回路とを有し、誤りが検出されなかった復号情報を出力することを特徴とする。

【００３３】また、本願第４の発明は、送信側で情報を符号長Ｎシンボルのブロック符号により誤り訂正符号化して伝送するシステムにおいて、受信信号を記憶する記憶回路と、Ｎシンボルの受信信号のうちi_j個（i_jは０以上の整数、ｊ＝１，２，…，ｈ）の消失位置を決める消失位置制御回路と、消失位置制御回路で指示されたi_j個のシンボルを消失として消失誤り訂正復号を行う消失誤り訂正回路とを有し、消失位置制御回路で消失とするシンボルの数i_jを$i_1 < i_2 < \cdots < i_h$（$0 \leqq i_1$，$i_h < d$、ｈは２以上の整数）として、第ｊ回の消失誤り訂正復号中に訂正不可能な誤りが検出された場合のみ第（ｊ＋１）回の消失誤り訂正を実行し、第ｊ回の復号中に訂正不可能な誤りが検出されなかった場合にその復号情報を出力することを特徴とする。

【００３４】更に、本願第５の発明は、送信側でデータを符号長ｎの誤り訂正符号で符号化して伝送するシステムにて適用される誤り検出方式において、受信語から誤り位置多項式$\sigma(x)$を計算する手段と、該多項式$\sigma(x)$の次数ｄｅｇ［$\sigma(x)$］を求める手段と、前記多項式$\sigma(x)$にｎ個の非零の元を代入してその結果が零であるか否かを検出する検出手段と、該検出手段において前記結果が零となる元の個数Ｌを計数する手段と、次数ｄｅｇ［$\sigma(x)$］と元の個数Ｌとの一致を確認し一致しない場合には訂正不可能な誤りがあると判定する手段と、を有することを特徴とする。

【００３５】本願第６の発明は、送信側でデータを符号長ｎの誤り訂正符号で符号化して伝送するシステムにて適用される誤り検出方式において、受信語から誤り位置多項式$\sigma(x)$を計算する手段と、ガロア体ＧＦ（ｑ）の非零の元のうち符号語内の各シンボルの位置に対応するｎ個の元を前記多項式$\sigma(x)$に代入してその結果が零であるか否かを検出する第１の検出手段と、前記ガロア体ＧＦ（ｑ）のうち前記ｎ個の元を除く元を多項式$\sigma(x)$に代入した結果が零となるか否かを検出する第２の検出手段と、該第２の検出手段において演算の結果が零となる元が存在する場合に訂正不可能な誤りがあると判定する手段と、を有することを特徴とする。

【００３６】

【作用】本発明の多元符号の復号装置では、シンボル尤度をm個のビット尤度の最小値とするため、シンボルの中で最も信頼性の低いビットの尤度がそのままシンボル尤度になり、１ビットでも信頼性の低いビットを含めばそのシンボルを消失とすることができる。この結果、ガロア体のサイズにかかわらず、比較的高い確率で誤りシンボルを消失とすることが可能になり、結果として誤り訂正能力を向上させることができる。

【００３７】また、本発明の誤り訂正方式では、複数の＊消失誤り訂正復号器の出力に対して、各々、誤り検出用パリティによる検査を行うだけであるため、相関を計算し比較するのに比べて回路規模が小さくなる。

【００３８】更に、本発明の誤り検出方式では、訂正能力を越える誤りを検出するため、誤り位置として妥当な元のみを誤り位置多項式に代入して根であるか否かを調べ、誤り位置多項式の次数と比較する。この方式では誤り位置多項式にガロア体のすべての元を代入する必要がないため、計算量が少なく、また復号器の動作周波数を高める必要がない。また、誤り位置の検出と、訂正不可能な誤りの計算を別に行うため、復号器の動作周波数を高める必要がない。

【００３９】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図１は本発明が適用された多元符号の復号装置を含む通信システムを示す概略的構成図である。

【００４０】同図において、情報源２１から伝送すべきディジタルデータが符号化器２２に供給される。符号化器２２に供給されたデータは、ｋ×mビット毎にブロック化され、ＧＦ（2^m）上の（ｎ，ｋ，ｄ）符号により符号化される。ここで、ＧＦ（2^m）の各元はデータmビットに対応する。また、mビットからなる元をここでは「シンボル」と呼ぶ。符号化器２２から出力されるｎシンボルの符号語は、ｎ×mビットの送信信号として変調器２３に供給され、通信路を介して伝送される。復調器２４では、受信した信号からｎ×mビットの硬判定受信データと、各ビットのビット尤度を出力する。このうち、ｎ×m個のビット尤度はシンボル尤度計算回路２５に供給され、符号の各シンボルに対応するm個のビット尤度の中で最小のビット尤度を求め、そのビット尤度を各シンボルのシンボル尤度として出力する。シンボル尤度計算回路２５から出力されるｎ個のシンボル尤度は、消失位置検出回路２６に供給され、シンボル尤度の小さいほうからｓ個のシンボルを消失位置として、その位置情報を消失誤り訂正回路２７に出力する。消失誤り訂正回路２７では、消失位置検出回路２６から出力されたｓ個の位置情報と、復調器２４から出力されたｎシンボル（ｎ×mビット）の受信データを受入し、消失位置に指定されたｓ個のシンボルを消失として、消失および誤り訂正復号を行う。復号されたデータは、受信目的２８に供給される。

【００４１】例えば、ｍ＝３，ｎ＝７，ｋ＝３，ｄ＝５のリード・ソロモン符号を用いた場合、以下のように復号処理がなされる。いま、符号化器２２から出力される符号語を

【数１４】

$$(C^{(1)}, C^{(2)}, \cdots, C^{(7)}) = (000, 000, 000, 000, 000, 000, 000)$$

とし、復調器２４から出力される硬判定受信データを

【数１５】

13　　14

$(R^{(1)}, R^{(2)}, \cdots, R^{(7)})$
＝（０００，００１，０００，０００，１００，０１０，０００）

とする。また、復調器２４から出力される各ビットのビ　＊【数１６】
ット尤度を　＊

$(l^{(1)}_1/l^{(1)}_2/l^{(1)}_3, \cdots, l^{(7)}_1/l^{(7)}_2/l^{(7)}_3)$
＝（．９／．８／．９，．８／．８／．１，．９／．８／．８，．６／．８
／．５，．２／．９／．９，．９／．３／．８，．７／．９／．９）

とする。シンボル尤度計算回路２５で計算される各シン　※【００４２】
ボルの尤度は以下のようになる。　※　【数１７】

$(L^{(1)}, L^{(2)}, \cdots, L^{(7)})$
＝（０．８，０．１，０．８，０．５，０．２，０．３，０．７）

ここで、アンダーラインは誤りが生じているシンボルを　★と$R^{(5)}$が消失位置となる。この２つのシンボルを消失
示している。消失位置検出回路２６では、シンボル尤度　とした受信データ
が低いほうから２つを消失位置と指定するため、$R^{(2)}$　★　【数１８】

$(R^{(1)}, R^{(2)}, \cdots, R^{(7)})$
＝（０００，ｘｘｘ，０００，０００，ｘｘｘ，０１０，０００）

を、２－消失および１－誤り訂正復号が可能な消失誤り　☆を受入した場合には、従来の復号装置では誤りを正しく
訂正回路２７で復号する。この結果本発明の復号装置で　復号することはできなかった。また、従来の復号装置で
は、この受信信号を正しく誤り訂正復号することができ　も復号可能であった受信信号
る。なお、従来例で示したように、このような受信信号☆20　【数１９】

$(R^{(1)}, R^{(2)}, \cdots, R^{(7)})$
＝（０００，００１，０００，０００，１００，０１０，０００），
$(l^{(1)}_1/l^{(1)}_2/l^{(1)}_3, \cdots, l^{(7)}_1/l^{(7)}_2/l^{(7)}_3)$
＝（．９／．８／．９，．８／．８／．１，．９／．８／．８，．６／．８
／．５，．２／．９／．９，．５／．３／．８，．７／．９／．９）

は、本発明の復号装置でも同様に正しく復号することが　◆信符号語の総数）
できる。　を示したものである。ただし、符号はＧＦ（2^6）上の
【００４３】表１および表２は、本発明の復号装置と従　（３４，２０，１５）リード・ソロモン符号とし、通信
来の復号装置について、受信語を正しく誤り訂正する確　路はＡＷＧＮを仮定した。
率、すなわち、　30　【００４４】
（受信符号語のうち正しく復号した符号語の数）／（送◆　【表１】

（表１）

正しく誤り訂正する確率（Ｓ／Ｎ＝２．０ｄＢの場合）

復号方式	誤り訂正	消失および誤り訂正						
訂正可能な誤り	7－誤りのみ	2-消失 6-誤り	4-消失 5-誤り	6-消失 4-誤り	8-消失 3-誤り	10－消失 2－誤り	12－消失 1－誤り	14－消失のみ
本発明の復号装置		62.92%	63.47%	62.02%	58.71%	51.03%	38.59%	20.44%
従来の復号装置	60.58%	62.02%	60.60%	56.38%	50.39%	40.82%	28.04%	12.74%

【表２】

（表２）

正しく誤り訂正する確率（Ｓ／Ｎ＝３．０ｄＢの場合）

復号方式	誤り訂正	消失および誤り訂正						
訂正可能な誤り	7－誤りのみ	2-消失6-誤り	4-消失5-誤り	6-消失4-誤り	8-消失3-誤り	10－消失2－誤り	12－消失1－誤り	14－消失のみ
本発明の復号装置		94.47%	94.70%	94.61%	93.33%	89.38%	80.16%	55.67%
従来の復号装置	93.54%	93.25%	92.29%	89.87%	85.83%	77.28%	62.52%	36.57%

Ｓ／Ｎ＝２ｄＢの場合、表１から理解されるように、従来の復号装置では、２－消失・６－誤り訂正復号を行った場合に正しく復号する確率が最大になり、６２．０２％の受信語を正しく復号することができる。一方、本発明の復号装置では４－消失・５－誤り訂正復号を行った場合に正しく復号する確率が最大になり、６３．４７％の受信語を正しく復号することができ、従来の復号装置より１．４１％正しく復号する確率を高めることができる。Ｓ／Ｎ＝３ｄＢの場合、表２から理解されるように、従来の復号装置では、消失訂正の効果はまったく現れず、誤り訂正のみの復号を行った場合に復号確率が最大の９３．５４％になる。一方、本発明の復号装置では４－消失・５－誤り訂正復号を行った場合に正しく復号する確率が最大になり、９４．７０％の受信語を正しく復号することができ、従来の復号装置より１．１６％正しく復号する確率を高めることができる。

【００４５】また、表１、表２から明らかなように、本発明の復号装置によれば、同じ誤り訂正能力の従来の復号装置に比べて、どのような場合にも、正しく復号する確率を高めることができる。

【００４６】次に、本発明の第２実施例について説明する。図２は、該第２実施例の誤り訂正方式が適用される通信システムを示す概略構成図である。

【００４７】同図において、入力端子１からは、例えば音声符号化回路から出力されるディジタル音声信号など、伝送すべき情報が入力される。入力端子１から入力された情報は、誤り検出符号化回路２に供給され、情報の一部または全部に対する誤り検出用パリティ（ＣＲＣなど）が計算される。情報と誤り検出用パリティは、誤り訂正符号化回路３に供給され、（ｎ，ｋ，ｄ）ブロック符号で誤り訂正符号化される。誤り訂正符号化された信号は、変調器４で変調され、通信路を介して伝送される。復調器５では、受信された各シンボルを硬判定した結果とそれぞれのシンボルの尤度情報とを出力する（硬判定データと尤度情報をあわせて表現したものが軟判定データである）。このうち、硬判定データは、バッファ６に供給され記憶される。

【００４８】また、各シンボルの尤度情報は、消失位置制御回路７に供給され、ｎ個の受信信号のうち、尤度の低いほうから、まずi_1個のシンボルの位置を消失誤り訂正回路８へ出力する。消失誤り訂正回路８では、バッファ６から硬判定された受信シンボルを受入し、消失位置制御回路７で指定されたi_1個のシンボルを消失として消失誤り訂正復号を行う。復号された信号、すなわち復号情報と誤り検出用パリティは、誤り検出回路９に供給され、そこで誤りが含まれているか否かが検査される。誤りが検出されなければ、そのときの復号情報が出力端子１０から出力される。

【００４９】出力端子１０は、例えば音声復号回路へ接続されており、復号情報が出力された場合には音声信号が復号される。一方、誤り検出回路９で誤りが検出された場合には、消失位置制御回路７で指定する消失シンボルの個数をi_2に変えて、同様の処理を行う。このような処理を誤りが検出された場合のみ繰り返し行い、所定の回数（ｈ回、ｈは２以上の整数）のすべての場合に誤りが検出されたとき、誤り訂正不可能という判定結果を出力端子１０に出力する。これを受けた場合、例えば音声復号回路では、ミュートなどの補間処理を行う。

【００５０】この実施例において、消失位置制御回路７で指定する消失シンボルの数i_1，i_2，i_3，…，i_hを各々０，２，４，…，２［（ｄ－１）／２］，ｈ＝［（ｄ＋１）／２］とすると、従来の誤り訂正方式でＧＭＤ復号法を採用した場合と同等の誤り訂正能力を得ることができる。また、従来の誤り訂正方式では、受信軟判定データから一般化最小距離を計算する回路と、各段階での復号情報との相関を計算する回路が必要であったが、本方式ではそれが不必要となるため回路規模が小さくなる。また、消失シンボルの数を０，２，４，…，２［（ｄ－１）／２］としないで、このうちの幾つかとすることにより、計算量を低減することが可能である。ただし、この場合には、誤り訂正能力がやや劣化する。

【００５１】誤り検出符号と誤り訂正符号については、特に制限はなく、例えば検出符号として２元のＣＲＣを用い、訂正符号として多元のリード・ソロモン符号を用いるなど、検出と訂正の符号の体を変えても構わない。また、誤りの検出は、誤り検出回路だけで行うものとは限らず、例えば消失誤り訂正回路での復号途中に検出される場合もある。この場合にも、誤り検出回路で誤りが

検出されたのと同様の処理を行う。

【００５２】図３は、本発明の第３実施例の誤り訂正方式が適用される通信システムを示す概略的構成図である。同図において、入力端子１から入力された情報は、誤り検出回路２に供給され、情報の一部または全部に対する誤り検出用パリティ（ＣＲＣなど）が計算される。情報と誤り検出用パリティは、誤り訂正符号化回路３に供給され、（ｎ，ｋ，ｄ）ブロック符号で誤り訂正符号化される。誤り訂正符号化された信号は、変調器４で変調され、通信路を介して伝送される。復調器５では、受信された各シンボルの軟判定データをｈ個のｉ」－消失誤り訂正回路３１（ｊ＝１，２，…，ｈ）に出力する。ｉ」－消失誤り訂正回路では、ｎ個の受信信号を硬判定するとともに、尤度の低いほうからｉ」個のシンボルの消失として消失誤り訂正復号を行う。各消失誤り訂正回路で復号された結果は、誤り検出および選択回路３２に供給され、各復号結果に対して誤り検出復号を行い、誤りが検出されなかった復号結果を選択して、その復号情報を出力端子３３へ出力する。もし、すべての復号結果で誤りが検出された場合には、誤り訂正不可能という判定結果を出力端子３３へ出力する。

【００５３】この実施例において、消失誤り訂正回路で消失とするシンボルの数i_1，i_2，i_3，…，i_hは、第１の実施例と同様に、０，２，４，…，２［（ｄ－１）／２］とする。この場合、従来の誤り訂正方式でＧＭＤ復号法を採用した場合と同等の誤り訂正能力を得ることができ、また、受信軟判定データと復号情報との相関を計算をする必要がないため回路規模が小さくなるという効果がある。消失誤り訂正回路の数ｈを［（ｄ＋１）／２］より小さくすればさらに回路規模を小さくすることができる。

【００５４】図４は、本発明の第４実施例の誤り訂正方式が適用される通信システムを示す概略的構成図である。ここでは、誤り検出の手段として誤り検出符号を用いず、誤り訂正符号自体の誤り検出能力を利用している。例えば、ＧＦ（2^6）上の（６３，４９，１５）リード・ソロモン符号であれば、限界距離復号（７誤り訂正）を行っても誤り見逃す確率の上界が１．１３×10^{-4}と小さく、高い誤り検出能力をもっている。この符号で、消失シンボル数を増やせば徐々に誤り検出能力は低下していくが、ある程度の消失シンボル数までなら、システムに対して十分な誤り検出能力が保証される。

【００５５】図４において、入力端子１から入力された情報は、誤り訂正符号化回路３に供給され、（ｎ，ｋ，ｄ）ブロック符号で誤り訂正符号化される。誤り訂正符号化された信号は、変調器４で変調され、通信路を介して伝送される。復調器５では、受信された各シンボルを硬判定した結果とそれぞれのシンボルの尤度情報とを出力する。このうち硬判定データは、バッファ６に供給され記憶される。また、各シンボルの尤度情報は、消失位置制御回路７に供給され、ｎ個の受信信号のうち、尤度の低いほうから、まずi_1個のシンボルの位置を消失誤り訂正回路８へ出力する。消失誤り訂正回路８では、バッファ６から硬判定された受信シンボルを受入し、消失位置制御回路７で指定されたi_1個のシンボルを消失として、消失誤り訂正復号を行う。復号の過程で誤りが検出されなければ、そのときの復号情報が出力端子１０から出力される。

【００５６】また、復号の過程で誤りが検出された場合には、消失位置制御回路７で指定する消失シンボルの個数をi_2に変えて、同様の処理を行う。このような処理を誤りが検出された場合にのみ繰り返し、所定の回数（ｈ回）のすべての場合に誤りが検出された場合は、誤り訂正不可能という判定結果を出力端子１０に出力する。ここで、消失位置制御回路７で指定する消失シンボルの数i_1，i_2，i_3，…は、各々０，２，４，…とし、最大でもｄ－１以上にならないものとする。これは、消失の数が少ないほど、誤り訂正符号自体の誤り検出能力が高いことによる。このように誤り検出用の符号を用いなくても、ＧＭＤ復号法に近い誤り訂正能力を得ることができる。また、従来のＧＭＤ復号法と比較して、一般化距離を計算する回路と相関を計算する回路が不要になる分だけ回路規模を低減することができる。誤り訂正符号として、最小距離が大きい符号ほど誤り検出能力は高く、短縮化して用いた場合にさらに誤り検出能力は高くなる。

【００５７】次に、本発明の第５実施例について説明する。図５は本発明の第５実施例に係る誤り検出方式が適用される通信システムの概略構成を示すブロック図である。同図において、受信語は端子１０１から入力され、シンドローム計算回路６１へ供給される。ここで計算されたシンドロームは誤り位置多項式計算回路６２に供給され、誤り位置多項式が求められる。この誤り位置多項式はチェンサーチ回路６３と次数検出回路６６に供給される。チェンサーチ回路６３では、符号語の各ビット位置に対応するｎ個（ｎは符号長）のガロア体の元を、誤り位置多項式に代入し、次の値が０となるか否かを検出する。式の値が０となる元に対応するビット位置は誤り位置として、計数回路６７と誤り訂正回路６４に供給される。誤り訂正回路６４は、遅延回路６５で遅延された受信語を受入し、指定された誤り位置の誤りを訂正する。復号語は端子１０２から出力される。一方、次数検出回路６６では誤り位置多項式の次数ｄｅｇ［σ（ｘ）］を求め、計数回路６７では誤り位置の個数Ｌを求める。ｄｅｇ［σ（ｘ）］とＬは、比較回路６８に供給され、一致するか否かが調べられる。これらの値が一致しない場合には、訂正不可能な誤りがあると判定されて、端子１０３から誤り検出信号が出力される。

【００５８】そして、誤り検出信号が出力された際には誤り訂正を行わず、受信語をそのまま復号語として出力

する。従って、受信語の誤りを訂正することはできないが、逆に誤りを増加させるという不具合を解消することができる。

【００５９】この実施例の場合、チェンサーチ回路６３において誤り位置多項式に代入する元の数は、短縮化後の符号長ｎに等しい。例えば、（２５５，２３９）ＢＣＨ符号を短縮化した（１６０，１４４）符号の場合、チェンサーチ回路６３において、α^{0}，α^{1}，…，α^{159}の１６０個の元を誤り位置多項式に代入すればよい。従来は、２５５個の元を代入するため動作周波数を伝送速度より高める必要があったが、本発明の復号器では伝送速度と同じ動作周波数で復号器を動作させればよく、また計算量が小さくなる。

【００６０】図６は本発明の第６実施例に係る誤り検出方式が適用される通信システムの概略構成を示すブロック図である。同図において受信語は端子１０１から入力され、シンドローム計算回路６１へ供給される。ここで計算されたシンドロームは誤り位置多項式計算回路６２に供給され、誤り位置多項式が求められる。この誤り位置多項式はチェンサーチ回路６３と誤り検出回路６９に供給される。チェンサーチ回路６３では、符号語の各ビット位置に対応するｎ個（ｎは符号長）のガロア体の元を、誤り位置多項式に代入し式の値が０となるか否かを検出する。式の値が０となる元に対応するビット位置は誤り位置として、誤り訂正回路６４に供給される。誤り訂正回路６４は、遅延回路６５で遅延された受信語を受入し、指定された誤り位置の誤りを訂正する。復号語は端子１０２から出力される。一方、誤り検出回路６９では、短縮化したビット位置に対応する（n_0－ｎ）個の元を誤り位置多項式に代入し式の値が０となるか否かを検出する。ここで式の値が０となる元が存在すれば、訂正不可能な誤りがあると判定されて、端子１０３から誤り検出信号が出力される。

【００６１】そして、誤り検出信号が出力されると、前記第５実施例と同様に受信語をそのまま復号語として出力し、誤り訂正は行わない。

【００６２】この実施例の場合、チェンサーチ回路６３および誤り検出回路６９において誤り位置多項式に代入する元の数は、それぞれｎ，n_0－ｎである。前述の短縮化（１６０，１４４）符号の場合、チェンサーチ回路６３においてα^{0}，α^{1}，…，α^{159}の１６０個の元を誤り位置多項式に代入し、誤り検出回路６９においてα^{160}，α^{161}，…，α^{254}の９５個の元を誤り位置多項式に代入する。ｎ＞n_0－ｎであれば、復号器の動作周波数を伝送速度より高める必要はない。

【００６３】図７は本発明の誤り検出方式をリード・ソロモン符号等の多元符号に適用した際の通信システムの概略構成を示すブロック図である。ここで用いる誤り訂正符号はＧＦ（2^{6}）上の（６３，４９，１５）リード・ソロモン符号を２９シンボル短縮化した（３４，２０，１５）短縮化リード・ソロモン符号とする。この符号は７シンボル以下の誤りを訂正することができる。また、符号語において、０～１３に当たる位置のシンボルが検査点、１４～３３に当たる位置のシンボルが情報点であり、３４～６２に当たる位置のシンボルが短縮化されているものとする。図７において、入力端子８１からは、受信語系列Ｒが入力され、シンドローム計算回路６１と遅延回路７７に供給される。シンドローム計算回路６１では、シンドロームＳを計算し、誤り位置・数値多項式計算回路７１に供給する。誤り位置・数値多項式計算回路７１では、誤り位置多項式σ（ｘ）を計算してチェンサーチ回路７４と次数計算回路７２に供給するとともに、誤り数値多項式η（ｘ）とσ（ｘ）の形式的微分σ'（ｘ）を計算して誤り数値計算回路７６に供給する。チェンサーチ回路７４では、誤り位置多項式σ（ｘ）にガロア体の元を順次代入して、式の値が０になるか否か調べることにより、σ（ｘ）＝０の根を求める。ここで代入するガロア体の元は、符号語内に存在する３４個のシンボル位置に対応する元、すなわちα^{0}，α^{1}，…，α^{33}である。チェンサーチ回路７４は、誤り数値計算回路７６にσ（ｘ）＝０の根α^{h}を出力し、誤り訂正実行回路７８と計数回路７５に誤りの位置を示す信号を出力する。誤り数値計算回路７６では、誤り位置ｈにおける誤り数値E_hを計算する。遅延回路７７で遅延された受信語Ｒと誤り位置ｈおよび数値E_hは誤り訂正実行回路７８に供給されて、復号符号語Ｃが出力端子８０から出力される。一方、次数計算回路７２から出力される次数ｄｅｇ［σ（ｘ）］と、計数回路７５から出力される根の個数Ｌは、誤り検出回路７３に供給され、２つの値が異なる場合に訂正不可能な誤りが発生していると判定し、誤り検出信号が出力端子７９から出力される。

【００６４】ところで、この実施例においては、更に次の処理を行うことにより、上記の方法だけでは検出できない訂正不可能な誤りを検出することができる。

【００６５】(1) σ（ｘ）の０次の項の係数が０であるか否かを調べる。０の場合には訂正不可能な誤りが生じていると判定する。

【００６６】(2) σ（ｘ）の形式的微分σ'（ｘ）にσ（ｘ）＝０の根を代入して０になるか否かを調べる。０となる場合には訂正不可能な誤りが生じていると判定する。

【００６７】(3) チェンサーチ回路で誤り位置であると判定されたシンボルの誤り数値が０となるか否かを調べる。０となる場合には訂正不可能な誤りが生じていると判定する。

【００６８】これらの処理は、通常の復号器において復号の過程で得られる計算を用いており、これが所定のものとなるか否か調べるだけでよいため、復号器の動作周波数を高める必要がなく、計算量もほとんど増加しな

い。

【００６９】これらの誤り検出方式は誤りのみを訂正する復号だけでなく、消失と誤りを訂正する復号にも同様に適用することができる。更に、最小距離ｄの符号でｓ個の消失を含む受信語を復号する場合には、誤り位置多項式σ（ｘ）の次数ｄｅｇ［σ（ｘ）］が（ｄ－ｓ－１）／２より大となるか否かを検出することにより、訂正不可能な誤りを検出することができる。

【００７０】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の多元符号の復号装置では、シンボル尤度をm個のビット尤度の最小値とすることにより、従来より高い確率で誤りシンボルを消失とすることができるため、消失および誤り訂正復号を行った場合の誤り訂正能力を高めることが可能になる。

【００７１】また、本発明の誤り訂正方式では、複数の消失誤り訂正復号器の出力から最尤な復号情報を決定する際に、従来のような相関値の計算を行うのではなく、誤り検出手段を用いている。誤り検出手段は、簡単な回路で実現するため従来の誤り訂正方式に比べて回路規模が小さくなるという効果がある。特に、ディジタル音声データを伝送するシステムやＡＲＱ方式では、もともと誤り検出符号を用いて誤り検出しているため、本発明の回路規模低減の効果は大きい。

【００７２】更に、本発明の誤り検出方式では、復号器の動作周波数を高めたり計算量を増やすことなく、訂正能力を越える誤りを検出することが可能となるので、誤り訂正の能力をより向上させることができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明が適用された多元符号の復号装置を含む通信システムの概略構成図である。

【図２】本発明の第２実施例の誤り訂正方式が適用される通信システムを示す概略構成図である。

【図３】本発明の第３実施例の誤り訂正方式が適用される通信システムを示す概略構成図である。

【図４】本発明の第４実施例の誤り訂正方式が適用される通信システムを示す概略構成図である。

【図５】本発明の第５実施例の誤り検出方式が適用された誤り訂正復号器を示す概略構成図である。

【図６】本発明の第６実施例の誤り検出方式が適用された誤り訂正復号器を示す概略構成図である。

【図７】本発明の誤り検出方式をリード・ソロモン符号に適用した際の訂正復号器の概略構成図である。

【図８】従来における音声データ通信システムの概略的構成図である。

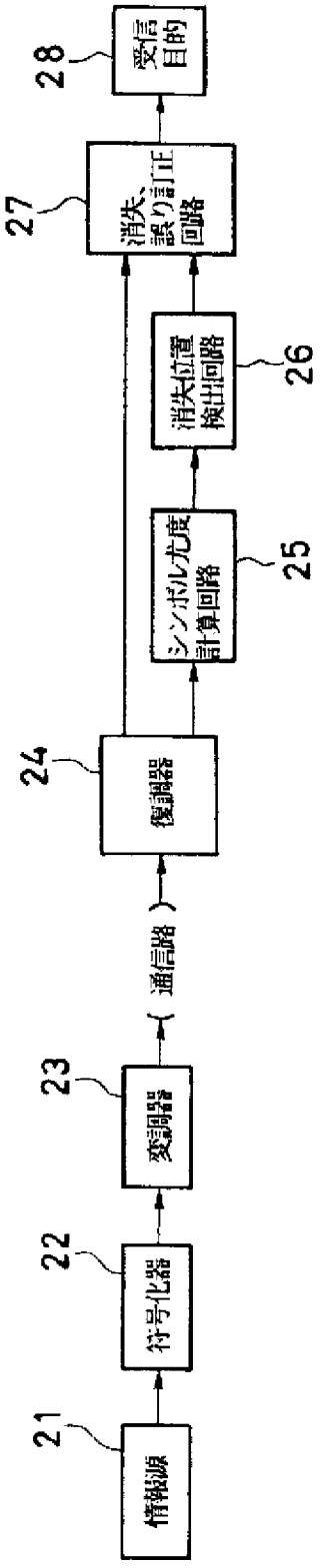
【図９】従来の誤り訂正方式（ＧＭＤ復号法）が適用された通信システムの概略構成図である。

【図１０】従来における誤り検出方式を用いた誤り訂正復号器を示す構成図である。

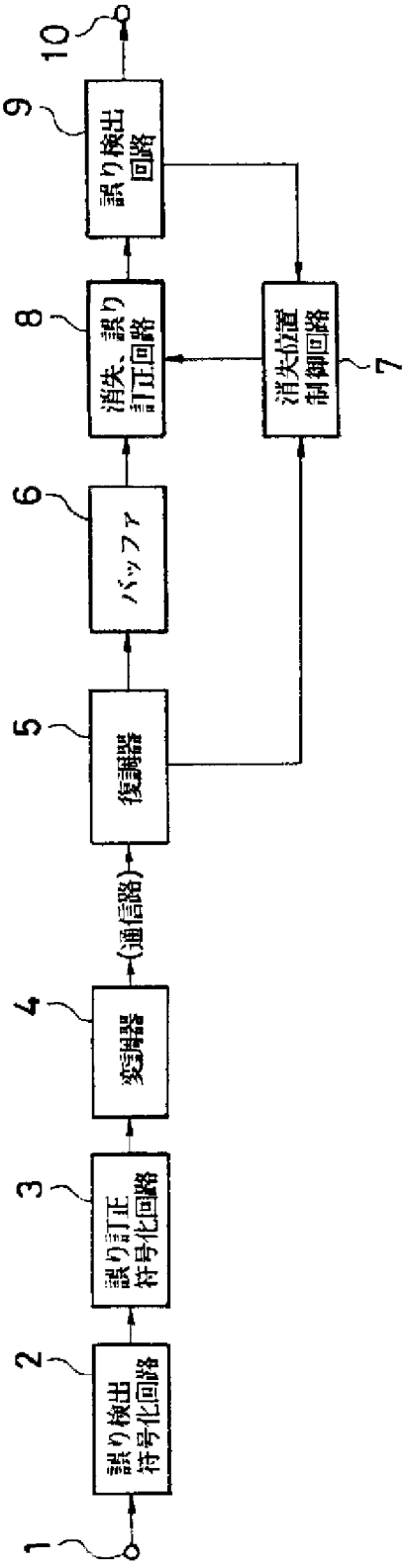
【符号の説明】

２　誤り検出符号化回路
３　誤り訂正符号化回路
６　バッファ
７　消失位置制御回路
８　消失誤り訂正回路
９　誤り検出回路
２５　シンボル尤度計算回路
２６　消失位置検出回路
２７　消失，誤り訂正回路
６１　シンドローム計算回路
６２　誤り位置多項式計算回路
６３　チェンサーチ回路
６４　誤り訂正回路
６５　遅延回路
６６　次数検出回路
６７　計数回路
６８　比較回路
６９　誤り検出回路

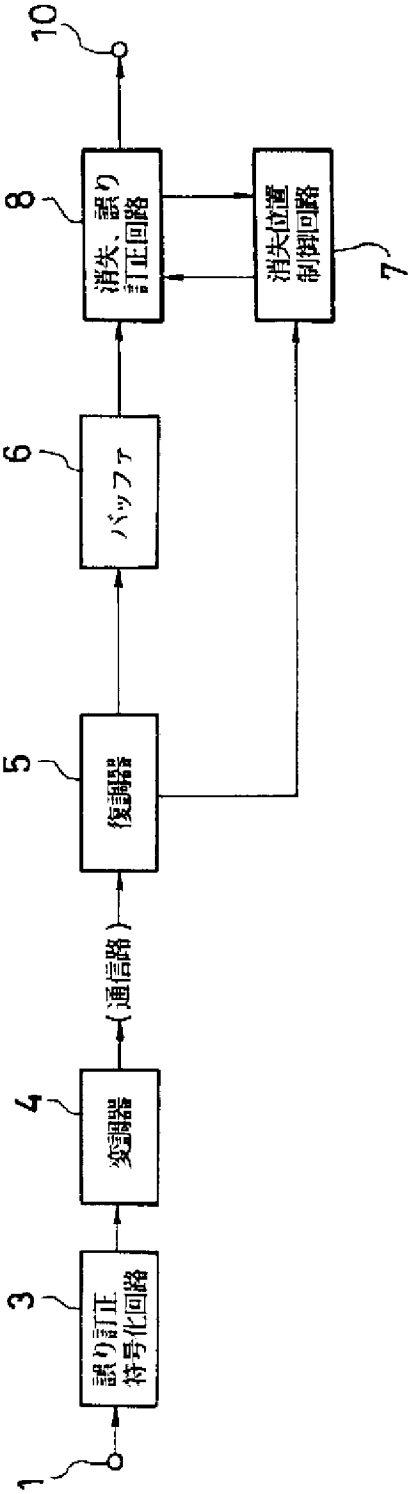
【図１】


情報源
21
符号化器
22
変調器
23
（通信路）
復調器
24
シンボル尤度計算回路
25
消失位置検出回路
26
消失、誤り訂正回路
27
受信目的
28

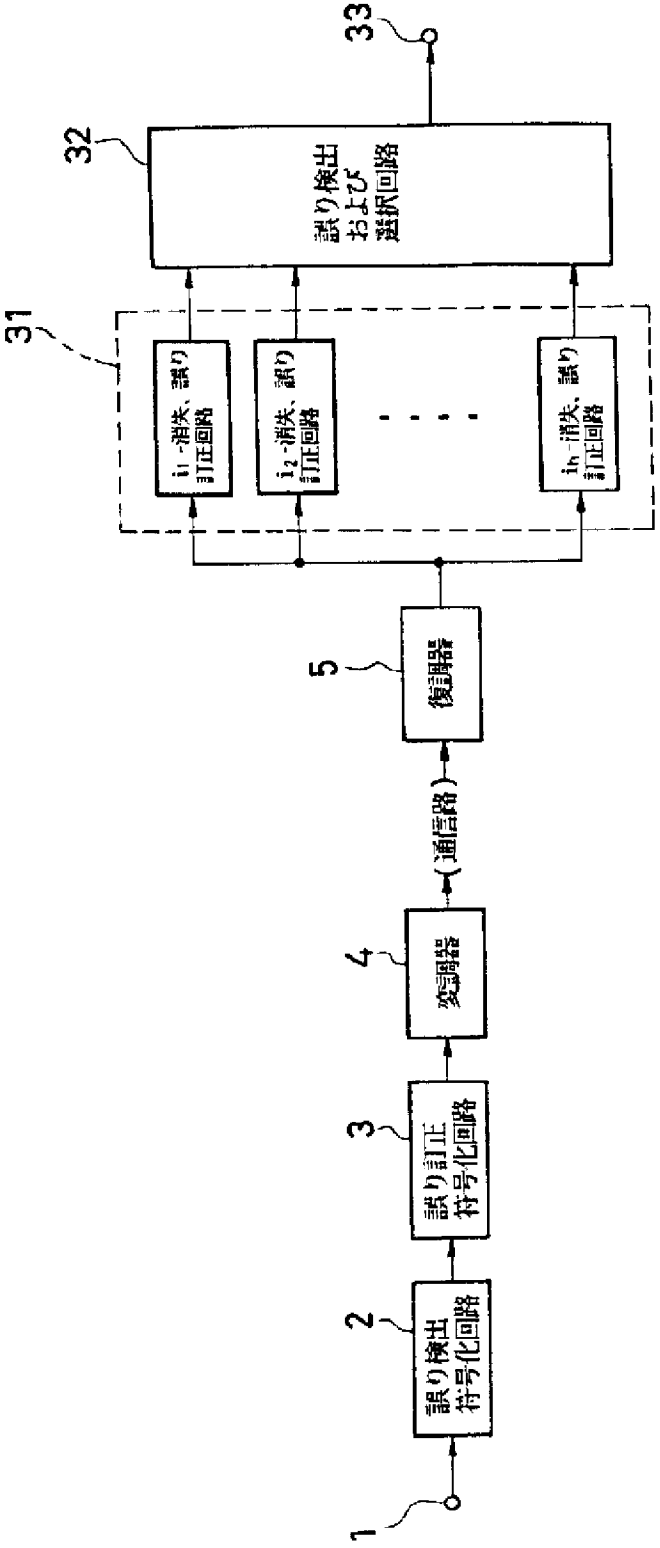
【図２】


1
誤り検出符号化回路
2
誤り訂正符号化回路
3
変調器
4
（通信路）
復調器
5
バッファ
6
消失、誤り訂正回路
8
誤り検出回路
9
10
消失位置制御回路
7

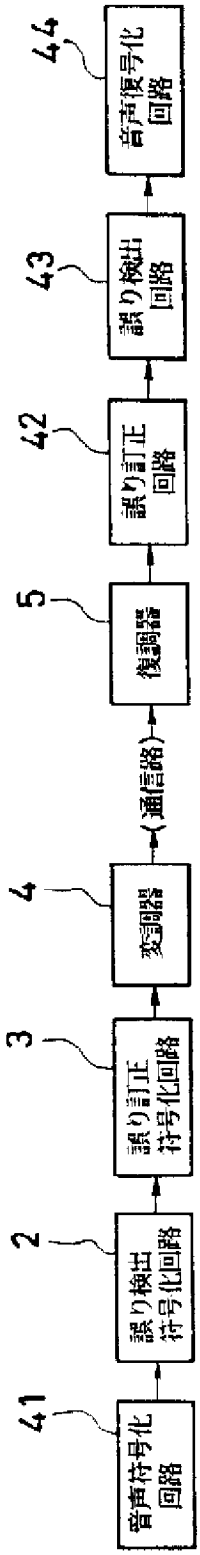
【図４】


1
誤り訂正符号化回路
3
変調器
4
（通信路）
復調器
5
バッファ
6
消失、誤り訂正回路
8
10
消失位置制御回路
7

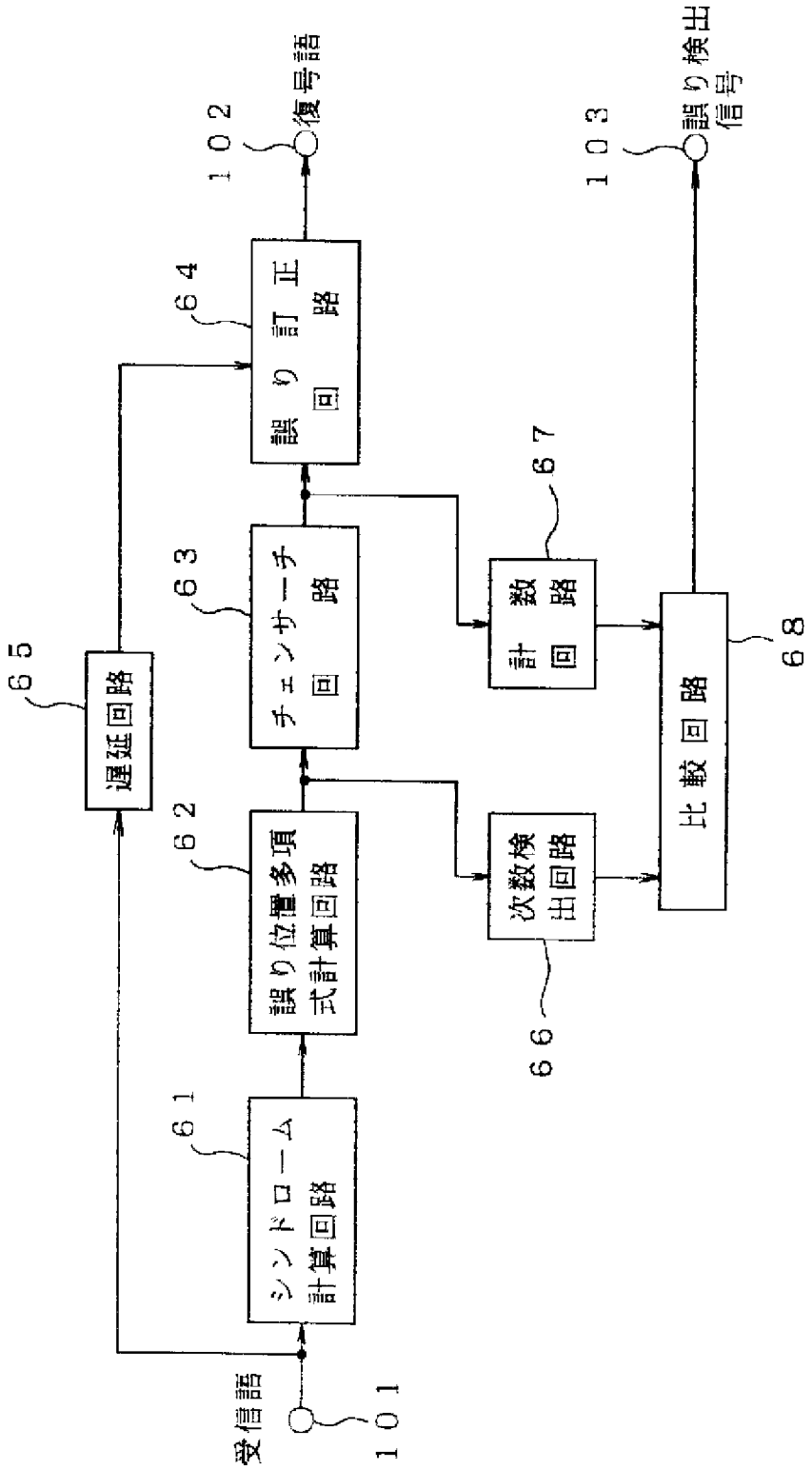
【図３】


1
2
誤り検出符号化回路
3
誤り訂正符号化回路
4
変調器
(通信路)
5
復調器
31
i_1 -消失、誤り訂正回路
i_2 -消失、誤り訂正回路
i_n -消失、誤り訂正回路
32
誤り検出および選択回路
33

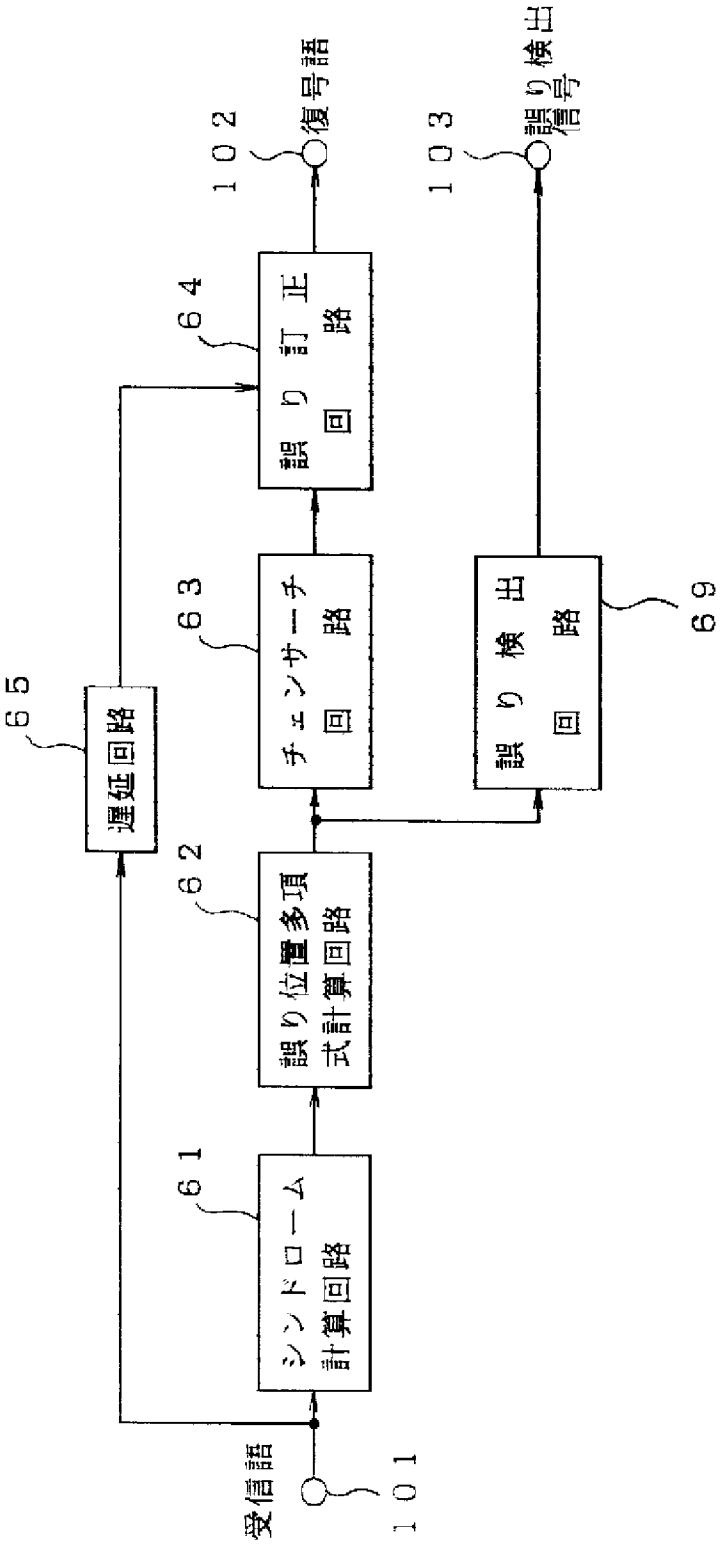
【図８】


41
音声符号化回路
2
誤り検出符号化回路
3
誤り訂正符号化回路
4
変調器
(通信路)
5
復調器
42
誤り訂正回路
43
誤り検出回路
44
音声復号化回路

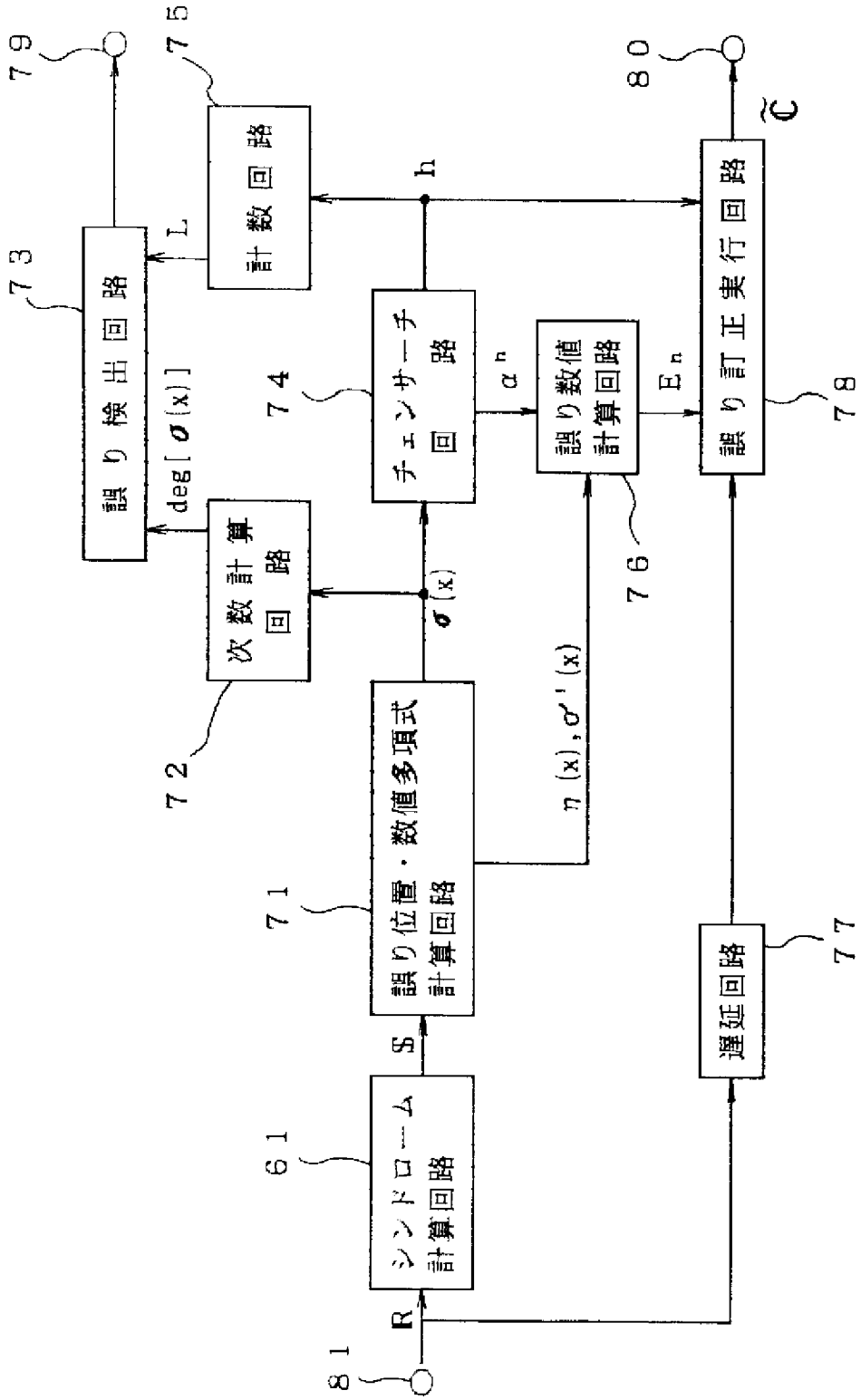
【図５】


受信語
１０１
シンドローム計算回路
６１
誤り位置多項式計算回路
６２
チェンサーチ回路
６３
誤り訂正回路
６４
遅延回路
６５
次数検出回路
６６
計数回路
６７
比較回路
６８
１０２
復号語
１０３
誤り検出信号

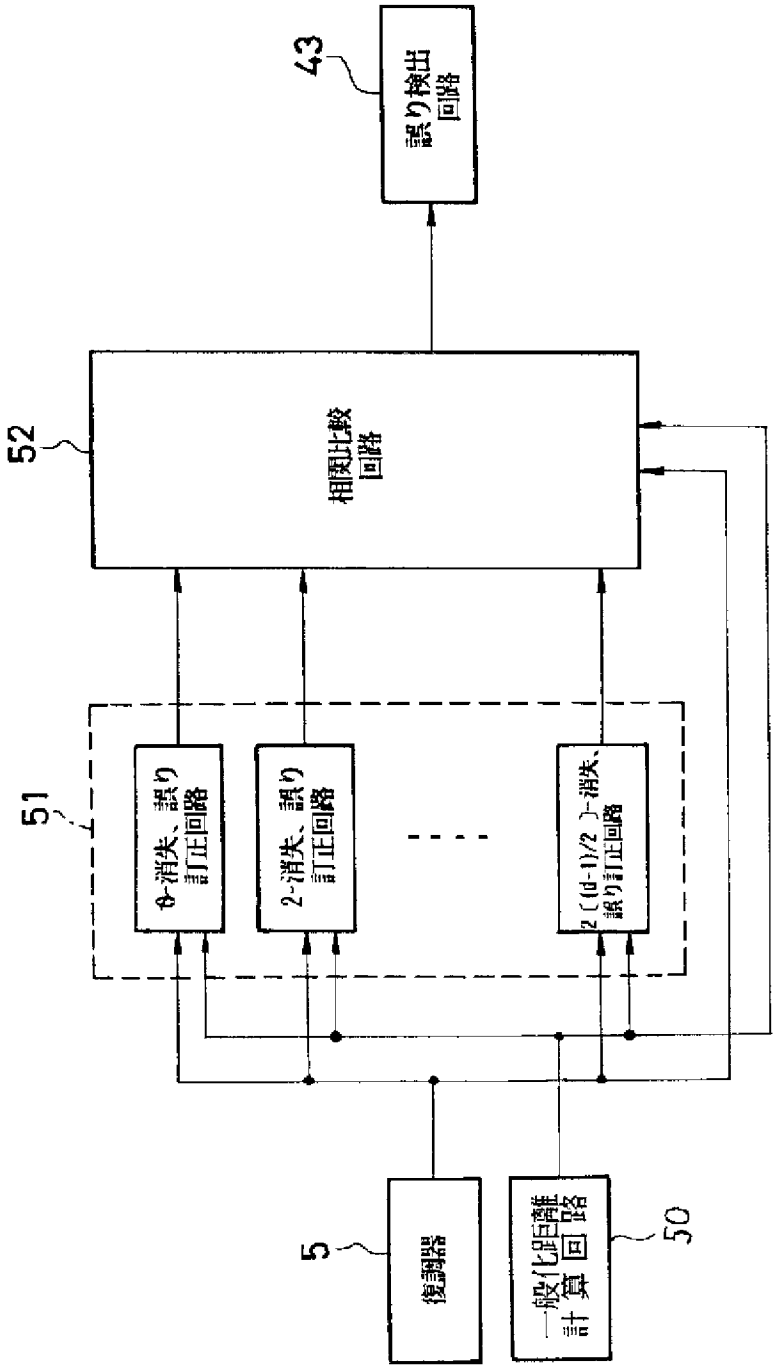
【図６】


受信語
101
シンドローム計算回路
61
誤り位置多項式計算回路
62
チェンサーチ回路
63
誤り訂正回路
64
遅延回路
65
誤り検出回路
69
復号語
102
誤り検出信号
103

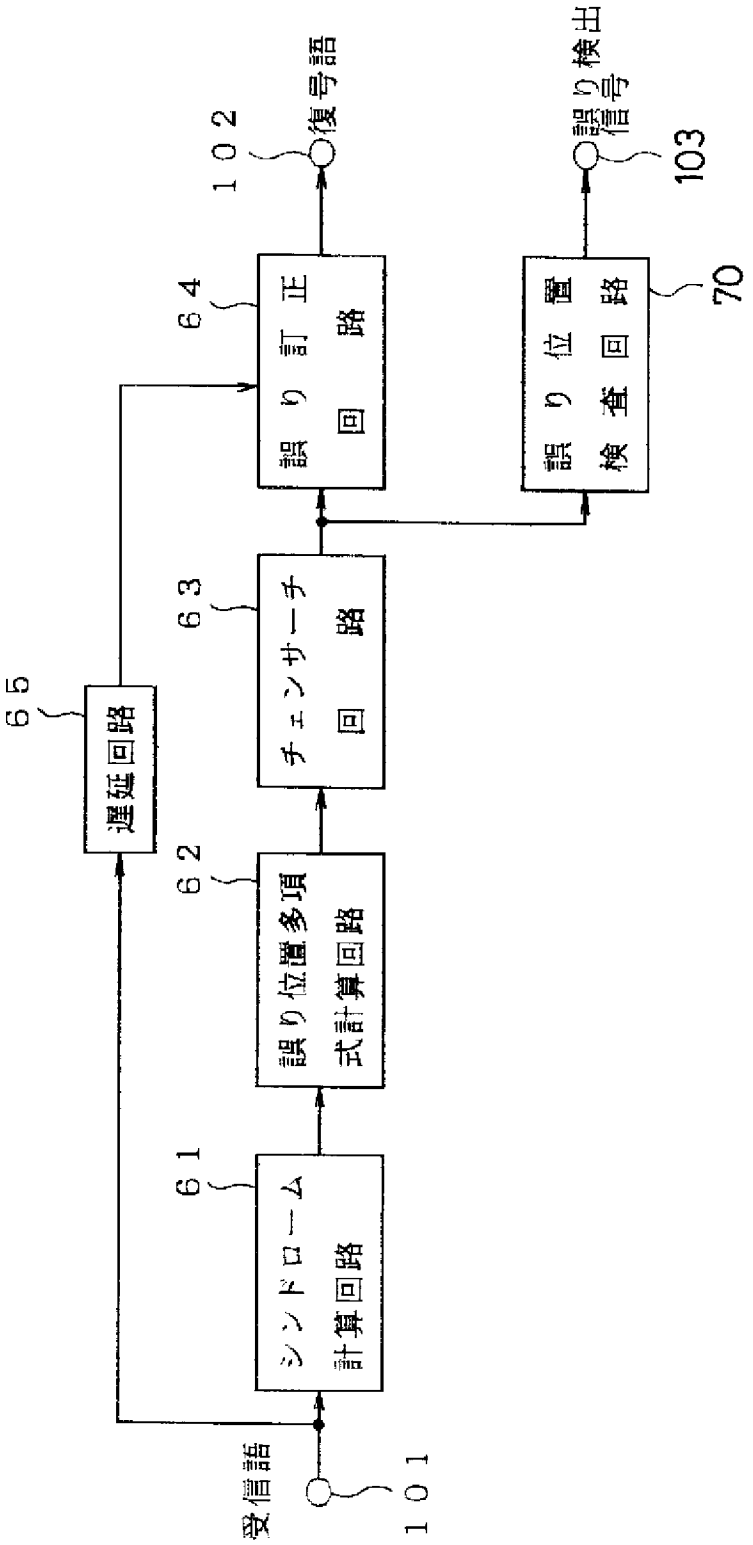
【図7】


79
75
80
C
h
L
73
誤り検出回路
計数回路
deg[σ(x)]
74
チェンサーチ回路
αⁿ
誤り数値計算回路
Eₙ
誤り訂正実行回路
78
次数計算回路
σ(x)
76
72
η(x),σ'(x)
71
誤り位置・数値多項式計算回路
S
61
シンドローム計算回路
R
81
遅延回路
77

【図９】


43
誤り検出回路
52
相関比較回路
51
0-消失、誤り訂正回路
2-消失、誤り訂正回路
2〔(d-1)/2〕-消失、誤り訂正回路
5
復調器
一般化距離計算回路
50

【図１０】


受信語
101
シンドローム計算回路
61
誤り位置多項式計算回路
62
チェンサーチ回路
63
誤り訂正回路
64
遅延回路
65
誤り位置検査回路
70
復号語
102
誤り検出信号
103